

Aus dem Städt. Krankenhaus Gitschinerstraße 104/105, Berlin.
(Leitender Arzt: Dr. Bleichröder.)

Beitrag zur Kenntnis der Viskosität des Blutes, des Serums und des Plasmas.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH - WILHELMS - UNIVERSITÄT
ZU BERLIN.

Von

Bernhard Bolle

approb. Arzt aus Niedermarsberg in Westfalen.

Tag der Promotion: 3. Dezember 1909.

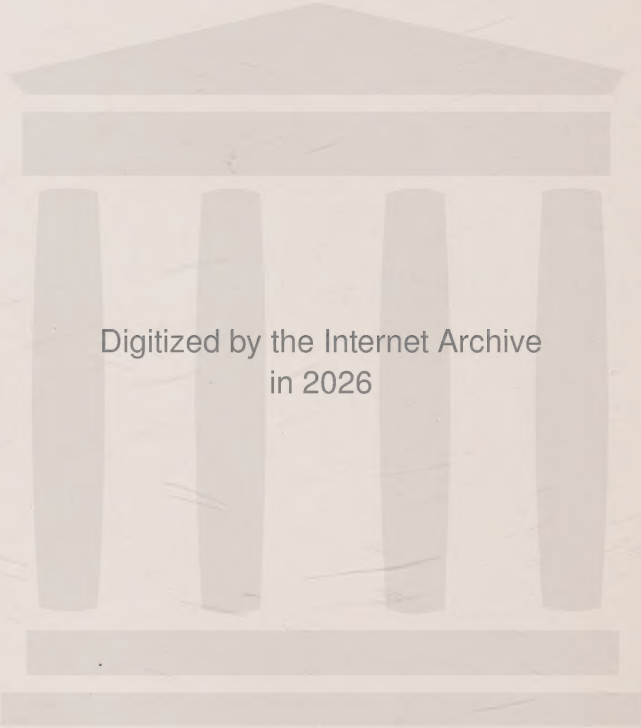
Berlin 1909.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Linienstraße 158.

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. His.

Dem Andenken meines Vaters.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Von den physikalischen Eigenschaften des Blutes hat die Viskosität in den letzten Jahren das klinische Interesse mehr und mehr in Anspruch genommen. Unter Viskosität versteht man die Fluidität (Zähflüssigkeit) oder auch, anders ausgedrückt, die Zähigkeit (Klebrigkeit) des Blutes oder auch den Widerstand, den die einzelnen Moleküle beim Aneinandervorbeigleiten erfahren. Wenn auch R. du Bois-Reymond, Brodie und Franz Müller bei ihren exakten Untersuchungen gefunden haben, daß der inneren Reibung für die Beurteilung der Mechanik des Kreislaufes zu viel Wert beigelegt wurde, so handelt es sich doch immerhin um die Bestimmung eines wichtigen Faktors, von dem neben der treibenden Kraft des Herzens die Durchflußgeschwindigkeit abhängt und der im Energiehaushalte des Kreislaufsystems eine große Rolle spielt. Und wie eifrig auf dem Gebiete der Viskositätsbestimmung gearbeitet wird, zeigen die zahlreichen Arbeiten, die gerade in letzter Zeit über die Bestimmung der Viskosität beim Gesunden und Kranken und über ihre diagnostische Bedeutung gemacht worden sind. Da nun aber das Blut in sich selbst nicht isoviskös ist, sondern den einzelnen Komponenten desselben verschieden hohe Viskositätsanteile zukommen

und genauere zusammenhängende Untersuchungen hierüber nicht vorliegen, so habe ich auf Anregung des Herrn Dr. Möller Untersuchungen angestellt, welche Teile des Blutes hauptsächlich für die Größe der Viskosität in Betracht kommen. Bei meinen Untersuchungen fand das Serum besondere Berücksichtigung, da über den Einfluß des Serums auf die Viskosität noch nichts Genaueres bekannt ist. Auf die Wichtigkeit dieser Bestimmungen, die einen Einblick in den Aufbau der Gesamtviskosität des Blutes ergeben und auch erkennen lassen, welche Teile des Blutes auf die Veränderung der Viskosität einen Einfluß haben, weißt Bachmann in seiner erst kürzlich erschienenen Arbeit „Die Viskosität des Blutes und ihre diagnostische Bedeutung“ mit den Worten hin: „Sehr zu begrüßen wäre es, wenn das Plasma oder zum wenigsten das Serum für sich allein untersucht würde, um zu wissen, welchem Teile des Blutes die Erhöhung zuzuschreiben ist.“ Auch Münzer und Bloch erkennen die Wichtigkeit dieser Bestimmungen: „Vielleicht hätten Bestimmungen der Viskosität des Serums neben jenen des Gesamtblutes, wie sie ja vielfach ausgeführt wurden, hier nähere Aufschlüsse ergeben, leider haben wir dieselben unterlassen und werden uns bemühen, diese Lücke später auszufüllen.“

Benutzt wurde bei meinen Untersuchungen der Apparat von Heß, der wegen seiner einfachen Handhabung für den klinischen Gebrauch besonders geeignet erscheint. Es wäre auch noch für meine Bestimmungen der Apparat von Determann in Frage gekommen.

Dieser Apparat hat aber nach den Angaben von Bachmann dem Heßschen gegenüber den Nachteil, daß bei ihm das Blut vertikal und nicht horizontal fließt. Hierdurch soll es nach Hirudinzusatz und bei längerer Dauer der Untersuchung leicht zu einer Sedimentierung der Formbestandteile und dadurch zu den höheren Werten kommen, die mit diesem Apparat gefunden werden. Auch Münzer und Bloch finden, daß der Determannsche Apparat wesentlich höhere Werte angibt, während die mit ihrem Apparat gefundenen Zahlen vorzüglich mit denen übereinstimmen, die man mit dem Heßschen Apparate erhält. Die Unterschiede, die der Determannsche Apparat ergibt, erklären diese Autoren nach genauer Nachprüfung nicht wie Heß durch Sedimentierung, sondern durch die Konstruktion des Apparates. Das Blut bewegt sich bei dem Determannschen Apparate nur durch die Schwerkraft in den Kapillaren fort. Die Bewegungstendenz ist daher gegenüber den anderen Apparaten zu gering. Es kann deshalb die Kapillarattraktion einen mehr oder minder großen Widerstand für die Fortbewegung der Blut- resp. der Flüssigkeitssäule ausüben. Auch läßt sich das von Heß konstruierte Viskosimeter ohne Hirudin benutzen, wodurch sicher eine Veränderung der molekularen Konzentration und eine Sedimentierung der Blutkörperchen vermieden wird; jedoch ist es dann notwendig, die Untersuchung vor Eintritt der Gerinnung zum Abschluß gebracht zu haben; und diese Technik läßt sich m. E. sehr bald erlernen. Von etwaigen Nachteilen des von mir gebrauchten

Apparates käme in Betracht, daß er keinen Wassermantel besitzt und somit von der Außentemperatur abhängig ist. Da aber nach den Angaben von Heß und Bachmann für 1° C Temperaturunterschied die Viskositätsveränderung nur 0,8 bis 1,0 Proz. ausmacht, und meine Untersuchungen nur bei geringen Temperaturdifferenzen ausgeführt wurden, so sind die hierdurch bedingten Fehlerquellen so gering, daß sie für den klinischen Gebrauch nicht in Betracht kommen.

Der Apparat von Heß besteht im wesentlichen aus zwei horizontal liegenden Röhren, die durch ein U-förmiges Zwischenstück verbunden sind. Von diesem Zwischenstück geht ein Gummischlauch ab, an dessen Ende ein mit Ventil versehener Ballon angebracht ist. Eine Röhre ist für destilliertes Wasser bestimmt und durch einen Hahn von der Verbindung mit der anderen abzuschließen, die andere dient zur Aufnahme des Blutes oder auch anderer Flüssigkeiten, deren Viskosität bestimmt werden soll.

Bestimmt wurde die Viskosität auf folgende Weise. Das Blut wurde, wie es auch Heß macht, der Fingerbeere entnommen, nachdem der Finger mit Äther oder Benzin gereinigt war. Zum Einstich wurde eine Frank'sche Nadel benutzt, mit der sich die Tiefe des Einstiches genau dosieren läßt. Der erste Tropfen wurde, wie es auch bei anderen Blutuntersuchungen üblich ist, nicht verwandt. Sodann wurde ein Tropfen Blut in einem der beigegebenen Kapillarröhrchen aufgefangen und in den Apparat gelegt. Das Wasserrohr war vorher schon bis zur Marke 0 mit destilliertem Wasser gefüllt und

der Verbindungshahn geschlossen. Nun wird das Blut bis zur Marke 0 gesaugt. Wird jetzt der Hahn geöffnet und mit dem Ballon angesaugt, so stehen beide Flüssigkeiten unter derselben Saugkraft und werden je nach dem Grade ihrer Zähflüssigkeit verschieden schnell vordringen. So wie das Blut zur Marke 1 gelangt ist, wird das Ventil geöffnet, wodurch ein momentaner Stillstand beider Flüssigkeiten bewirkt wird. Das destillierte Wasser ist unterdessen viel weiter vorgedrungen, und wird nun der Stand desselben an der Skala abgelesen, so erhalte ich einen relativen Wert zwischen der Fluidität des Blutes und der des destillierten Wassers oder kurz den Viskositätswert des untersuchten Blutes. So würde also, wenn das destillierte Wasser bis 5,0 vorgedrungen wäre, das untersuchte Blut fünfmal so zähflüssig wie destilliertes Wasser sein, oder die Viskosität wäre gleich fünf.

Das Serum wurde für meine Versuche auf folgende Weise gewonnen. Es wurde durch Punktion der Cubitalvene entnommen oder einige Tropfen Blutes wurden nach Einstich mit der Frankschen Nadel in die Fingerbeere in kleinen Glasröhrchen aufgefangen. Diese Röhrchen wurden nach Art der Phiolen, die zur Aufnahme von Injektions-Flüssigkeiten dienen, aus einem dünnen Glasrohr hergestellt. Nach Füllung dieser Röhrchen wurden die Enden zugeschmolzen. Hatte sich der Blutkuchen vollständig abgesetzt, so wurde durch Zentrifugieren das Serum gänzlich von ihm getrennt und mit den zum Apparat gehörigen Kapillaren aufgefangen. Jetzt wurde genau verfahren wie bei der Be-

stimmung der Viskosität des Blutes. Auf diese Weise gelingt es von sehr kleinen Mengen Blutes, wie man sie durch Einstich in die Fingerbeere erhält, genügend Serum für die Anstellung der Bestimmungen zu gewinnen.

Die Größe der Viskosität (η) für ein normales Blut wird von den einzelnen Autoren etwas verschieden angegeben. Die Konstruktion der einzelnen Apparate hat, wie schon gesagt wurde, einen Einfluß; Heß, mit dessen Apparat ich die Bestimmungen ausführte, fand als Normalwert für erwachsene Männer (über 20 Jahre) 4,74, für erwachsene Frauen 4,40, Determann bei erwachsenen Männern 4,798, bei erwachsenen Frauen 4,516, Hirsch-Beck bei gesunden Erwachsenen 5,1. Nun ist aber in Wirklichkeit bei den einzelnen Personen die Viskosität eine sehr variable Größe, und so liegt die Frage nahe, welche Teile des Blutes von Einfluß auf die Gesamtviskosität sein können.

Man könnte leicht die roten Blutkörperchen als die hauptsächlichsten Formbestandteile des Blutes allein hierfür verantwortlich machen. Sicherlich kommt ihnen als korpuskulären Elementen ein großer Einfluß auf die innere Reibung zu. So fand schon Determann, einer der ersten, die genauere Untersuchungen über die Viskosität des Blutes angestellt haben, daß lockere Beziehungen zwischen der Zähigkeit des Blutes und der Zahl der roten Blutkörperchen bestehen. Jorns kam bei seinen Untersuchungen zu der Ansicht, daß zwischen der Viskosität und der Zahl der roten Blutkörperchen

in vielen Fällen eine gewisse Parallelität vorhanden ist, doch oft auch starke Abweichungen und Schwankungen in den Zahlverhältnissen vorkommen können. Ulmer gelang es, auf viskosimetrischem Wege das absolute Volumen der roten Blutkörperchen festzustellen, genauer, als es durch Sedimentieren möglich ist. Auch ich fand, daß die Zahl der roten Blutkörperchen einen Einfluß auf die Größe der Viskosität hat, völligen Parallelismus konnte auch ich nicht finden, denn es kommt neben der Zahl und Größe der roten Blutkörperchen noch in Betracht, daß sie Träger von hochviskösen Substanzen sind. Diese Tatsache ergibt sich daraus, daß nach Zerstörung der roten Blutkörperchen, wie beim Schwarzwasserfieber oder durch andere hämolytisch wirkende Gifte oder beim Lackfarbenmachen durch häufiges Gefrieren und Wiederauftauenlassen die Viskosität nicht geringer wird, sondern steigt. Determann nimmt für dieses Steigen an, daß die hochviskösen Substanzen in den Blutkörperchen erst dann voll zur Geltung kommen, wenn sie alle in das Serum ausgetreten sind. Ferner muß auch alles, was die osmotischen Verhältnisse der roten Blutkörperchen ändert, die Viskosität beeinflussen. Besonders kommt hierfür die Kohlensäure in Betracht. Sie ruft eine Viskositätssteigerung hervor, einmal dadurch, daß unter Wasseraufnahme die roten Blutkörperchen aufquellen, sodann aber auch durch Vermehrung ihrer Zahl. So findet man, wie ich selbst oft feststellen konnte, daß kohlensäurereiches Blut, wie man es durch Entnahme aus einer gestauten Vene oder von cyano-

tischen Kranken erhält, eine erhöhte Viskosität hat. Ich fand ein Aufsteigen der Viskosität bei künstlicher Stauung von 4,3 auf 7,4. Bachmann und Determann fanden ähnliche Werte, letzterer in einem Falle von 20 Minuten langer Stauung bis zur Tietblaufärbung des betreffenden Armes eine Erhöhung von 4,63 auf 8,83. In der Tabelle I habe ich eine Anzahl von mir untersuchter Fälle zusammengestellt, bei denen teils große, teils nur geringe Veränderungen des Blutes vorlagen. Die Zahl der roten Blutkörperchen ist ansteigend angeordnet, und so läßt sich der Zusammenhang mit den dazugehörigen Viskositätswerten leicht übersehen.

Die weißen Blutkörperchen können unter normalen Verhältnissen so gut wie gar keinen Einfluß auf die Viskosität haben, einmal wegen ihrer geringen Zahl im Vergleich zu den roten Formbestandteilen des Blutes, sodann auch, weil sie keine so hoch viskösen Stoffe enthalten wie diese, deren Hämoglobingehalt doch einen so großen Einfluß hat, zumal wenn noch die Wirkung der Kohlensäure steigernd hinzukommt. Sie können nur vielleicht in Betracht kommen, wenn ihre Zahl bedeutend vermehrt ist wie bei der Leukämie. Auch hierbei sind die Ansichten noch getrennt. Bachmann fand bei drei Fällen von Leukämie, von denen der eine 300 000 Leukozyten im cmm hatte, keine Erhöhung der Viskosität. Determann fand dagegen bei Leukämien höhere Viskositätswerte, als durch die Zahl der roten Blutkörperchen bedingt sein konnten, und glaubt, daß die weißen Blutkörperchen für das Maß der Viskosität

eine ebenso wesentliche, vielleicht größere Rolle spielen als die roten. So betrug in einem Falle mit 500 000 weißen und 2 500 000 roten Blutkörperchen im cmm Blut die Viskosität 4,04 in einem anderen mit 550 000 weißen und 2 500 000 roten Blutkörperchen die Viskosität 5,12. Ich selbst habe leider in keinem Falle von Leukämie die Viskosität untersuchen können.

Tabelle I.

Nr.	Krankheit	Zahl der roten Blutkörperchen	Viskosität
1	Perniziöse Anämie	870 000	2,0
2	Perniziöse Anämie	980 000	2,1
3	Schwere Anämie	1 425 000	2,2
4	Carcinoma uteri	1 600 000	2,6
5	Anämie nach Abort	1 635 000	2,3
6	Anämie	1 830 000	2,3
7	Anämie nach Abort	2 535 000	2,9
8	Anämie	2 740 000	2,4
9	Chlorose	3 980 000	3,5
10	Schwere Anämie (Besserung) .	4 165 000	3,6
11	Gelenkrheumatismus	4 475 000	4,3
12	Pleuritis exsudativa	4 485 000	3,6
13	Lungentuberkulose	4 495 000	4,2
14	Typhus	4 620 000	4,6
15	Lungentuberkulose	4 800 000	3,2
16	Chlorose	4 835 000	3,8
17	Gesunder Mensch	5 035 000	4,1

Daß aber neben den korpuskulären Elementen noch andere Teile des Blutes einen großen Einfluß auf die

Viskosität haben müssen, geht daraus hervor, daß nach Zerstörung der Blutkörperchen eine Erhöhung der Viskosität eintritt. Diese Erhöhung ist hauptsächlich durch das Hämoglobin bedingt, welches jetzt erst seinen vollen Einfluß entfalten kann, während es in den roten Blutkörperchen eingeschlossen nur teilweise zur Geltung kommt. Um den Einfluß des Hämoglobins auf die Viskosität experimentell kennen zu lernen, stellte Adam Hämoglobinkristalle nach der Methode von Salkowski aus Pferdeblut dar. Diese Kristalle löste er in einer $\frac{1}{2}$ proz. Lösung von Natriumkarbonat, da die Löslichkeit in Wasser nur eine so geringe ist, daß die Lösung nur eine Viskosität von 1,25 zeigt. So fand er für eine Lösung, die nach Sahli 120 Proz. Hämoglobin enthielt, eine Viskosität von 6,9, für eine 80 proz. derartige Lösung 5,0. Mit solchen Lösungen stellte er experimentell fest, daß Hämoglobin und Viskosität in gleichen Verhältnissen steigen. Auch bei der Untersuchung des Blutes entsprechen im allgemeinen niedrige Hämoglobinwerte niedrigen Viskositätswerten und umgekehrt, wenn nicht weitere Momente ändernd auf das Verhältnis einwirken. Heß hat dieses Verhältnis durch

den Quotienten $\frac{\text{Hämoglobin}}{\text{Viskosität}}$ ausgedrückt und unter Be-

nutzung der Resultate Blunschys gefunden, daß dieser Quotient bei Gesunden eine Schwankung zwischen den Zahlen 17 und 21 zeigt. Würde man also bei einem Hämoglobinwerte von 90 Proz., der ungefähr dem Normalwerte entspricht, denn auch ich habe wie Bach-

mann und viele andere gefunden, daß der Saligowers'sche Normalwert von 100 Proz. für von mir untersuchte Gesunde zu hoch angenommen ist, eine Viskosität von 4,5 erhalten, so wäre der Quotient in diesem Falle 20. Auch Bachmann erkennt diese Relationen zwischen Hämoglobingehalt und Viskosität an. Münzer und Bloch finden, daß die Viskosität des Blutes mit steigendem Hämoglobingehalt zunimmt, ohne daß ein voller Parallelismus besteht, indem besonders bei einem über 100 Proz. betragenden Hämoglobingehalte die Viskosität mehr ansteigt, als dem weiteren Steigen des Hämoglobingehaltes entspräche. Da Heß nur bei Gesunden den Quotienten bestimmt hat, so habe ich auf Grund meiner Untersuchungen und auch unter Benutzung der Hämoglobin- und Viskositätswerte anderer Autoren, den Quotienten auch für Fälle bestimmt, in denen irgendwelche pathologische Veränderungen des Blutes vorlagen. Die Angaben von Heß bezüglich des Quotienten kann ich für hohe Hämoglobinwerte vollkommen bestätigen. Sinkt aber der Hämoglobingehalt bedeutend, so sinkt auch die Größe des Quotienten unter 17, ja in Fällen mit sehr geringen Hämoglobinwerten sogar unter 10. So fand ich bei einem Falle von perniziöser Anämie einen Hämoglobingehalt von 15 Proz. und einen Viskositätswert von 2,0. Der Quotient war also in diesem Falle 7,5. Bei einem Falle von Carcinoma uteri mit schwerer Kachexie war der Hämoglobingehalt des Blutes so gering, daß er nur schwer zu bestimmen war. Bei mehreren Untersuchungen

fand ich mit der Sahlischen Methode einen Wert von nur 7 Proz. Die innere Reibung war 2,6, der Quotient war also in diesem Falle nur 2,7. Die verhältnismäßig große Viskosität muß m. E. in diesem Falle durch die Zahl der roten Blutkörperchen bedingt gewesen sein, die 1 600 000 betrug. Jorns fand bei einem Fall von perniziöser Anämie einen Hämoglobingehalt von 10 Proz. und eine Viskosität von 1,73, also hätte der Quotient in seinem Falle die Größe 6. Tabelle II zeigt die Größe der Quotienten bei einer Anzahl von mir untersuchter Fälle.

Neben den Formbestandteilen und dem Hämoglobingehalt kommt auch sicher dem Serum und Plasma ein Einfluß auf die Viskositätsgröße zu. Über den Einfluß des Serums liegen nur wenige Untersuchungen vor. Determann fand schon 1906 bei seinen Bestimmungen, daß die sedimentierten Blutkörperchen eine 3—5 fach höhere Viskosität als das betreffende Serum haben. Bachmann stellte fest, daß die Viskosität des Serums unter gesunden Verhältnissen 1,8—2,0 beträgt. Trumpp, der Untersuchungen über die Viskosität bei Kindern anstellte, nimmt an, daß die Viskosität des Serums 40—50 Proz. der des Gesamtblutes ausmacht. Um den Einfluß der Viskosität des Serums auf die des Gesamtblutes feststellen zu können, habe ich in ungefähr 100 Fällen beide Werte nebeneinander bestimmt. Was die Größe für normale Fälle betrifft, so kann ich die Angaben Bachmanns bestätigen; jedoch fand ich auch oft nur eine Viskosität von 1,7. Die niedrigsten Vis-

Tabelle II.

Krankheit	Hämoglobin- gehalt Proz.	Viskosität	Quotient
Carcinoma uteri	7	2,6	2,7
Perniziöse Anämie	15	2,0	7,5
Schwere Anämie	20	2,4	8,3
Schwere Anämie	20	2,3	9,0
Perniziöse Anämie	40	3,6	11,0
Anämie nach Abort	28	2,3	12,0
Lungentuberkulose	37	3,2	12,0
Arthritis gonorrhoeica	50	4,2	12,0
Typhus	45	3,4	13,0
Angina	45	3,5	13,0
Neurasthenie	52	3,9	13,0
Anämie nach Abort	40	2,9	14,0
Diabetes	55	3,9	14,0
Pleuritis	55	3,6	15,0
Lungentuberkulose	60	4,0	15,0
Neurasthenie	70	4,6	15,0
Sepsis nach Abort	55	3,4	16,0
Myokarditis	55	3,5	16,0
Lungentuberkulose	60	3,8	16,0
Lungentuberkulose	62	3,6	17,0
Neurasthenie	70	4,2	17,0
Gesunder Mensch	72	4,2	17,0
Chlorose	58	3,3	18,0
Lungentuberkulose	70	3,8	18,0
Gesunder Mensch	80	4,3	18,0
Ulcus ventriculi	75	3,8	19,0
Gesunder Mensch	80	4,3	19,0
Gelenkrheumatismus	75	3,7	20,0
Parametritis	75	3,5	21,0
Tertiäre Syphilis	75	3,6	21,0

kositätswerte fand ich bei schweren Anämien; in einem Falle hatte das Serum nur eine innere Reibung von 1,4, während die des Gesamtblutes 2,4 betrug. Jedoch fand ich nicht immer, wenn die Fluidität des Gesamtblutes sehr gering war, auch entsprechend niedrige Werte für das Serum, sondern diese waren oft so hoch wie unter normalen Bedingungen. Es muß also in solchen Fällen das Serum auf die Viskositätsherabsetzung des Gesamtblutes ohne Einfluß sein. Die Tabelle III zeigt diese Beziehungen bei einer Anzahl von mir untersuchten Anämien.

Tabelle III.

Krankheit	Viskosität des Blutes	Viskosität des Serums
Schwere Anämie	2,4	1,4
Schwere Anämie	2,2	1,5
Anämie nach Abort	2,3	1,5
Schwere Anämie	2,3	1,6
Schwere Anämie	2,6	1,6
Schwere Anämie	2,1	1,7
Anämie nach Abort	2,2	1,8
Carcinoma uteri	2,6	1,9
Anämie nach Geburt	2,9	1,9
Chlorose	3,5	2,0

Auch bei mittleren Viskositätswerten des Blutes besteht meines Erachtens kein Zusammenhang mit denen des Serums. Als größten Viskositätswert des Serums fand ich 2,2 bei einem Falle von Diabetes mellitus; die

Viskosität des Blutes war hier 3,9. Ich fand überhaupt nur wenige Werte, die höher als 2,0 waren. Erhöhte Viskositätswerte für das Serum können leicht durch einen Versuchsfehler bedingt sein, wenn nämlich rote Blutkörperchen durch ungeschicktes Hantieren aufgeschwemmt werden, wodurch sofort ein Ansteigen der Viskosität bedingt wird. Es muß also bei der Beurteilung erhöhter Werte diese Fehlerquelle immer mit Sicherheit auszuschließen sein. Es scheint also, daß die Schwankungen der Viskosität des Serums im wesentlichen sehr gering sind, so daß sie nur einen geringen Einfluß auf die Änderung der Gesamtviskosität haben können.

Neben der Viskositätsgröße des Serums habe ich auch noch in einer Anzahl von Fällen die des Plasmas bestimmt. Gewonnen wurde das Plasma durch Schütteln des Blutes mit Ammoniumoxalat oder durch sofortiges Zentrifugieren des Blutes in Gläschen, die mit Paraffin ausgegossen waren. In einigen Fällen habe ich auf beide Arten Plasma gewonnen, um einen etwaigen Einfluß des Ammoniumoxalates auf die molekulare Konzentration und somit auch auf die Viskositätsgröße feststellen zu können. Ich fand nur einmal eine Differenz, indem das durch Zentrifugieren gewonnene Plasma eine Viskosität von 2,5 hatte, während das mit Hilfe von Ammoniumoxalat gewonnene 2,6 anzeigte. Die Unterschiede sind also so gering, daß sie innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Die Viskosität des Plasmas ist natürlich größer als die des Serums, da es noch alle Stoffe enthält, welche die Gerinnung des Blutes bewirken. Diese Tatsache wurde

allgemein gefunden. Der Unterschied beider Werte beträgt nach meinen Untersuchungen mit dem Heßschen Apparate 0,2—0,6. Als größten Wert fand ich für das Plasma 2,6, als niedrigsten Wert 1,8, die meisten Werte lagen zwischen 2,0—2,2, wobei ich jedoch bemerken muß, daß es sich bei meinen Untersuchungen nur um Frauen handelt, die an und für sich schon eine geringere Viskosität haben als Männer und in den meisten Fällen anämisch waren. In vielen Fällen findet man in den Viskositätswerten des Serums und des Plasmas einen gewissen Zusammenhang, oft aber auch größere Differenzen. Was schon für die Beurteilung hoher Viskositätswerte des Serums gesagt wurde, gilt noch mehr für das Plasma, bei dem noch leichter wegen der nicht eingetretenen Gerinnung rote Blutkörperchen aufgeschwemmt werden können. In der Tabelle IV habe ich beide Werte und ihre Differenzen zusammengestellt; die Größe der Unterschiede ist steigend angeordnet, so daß sich der Zusammenhang leicht erkennen läßt.

Um in diese Wertverhältnisse einen Einblick zu gewinnen, habe ich in 10 Fällen neben den Viskositätswerten des Plasmas und Serums die Größe des Trockenrückstandes bestimmt. Zu diesem Zwecke wurden kleine Schälchen, die gewogen wurden, mit etwas Serum oder Plasma beschickt, nochmals gewogen und dann im Exsikkator bis zur Konstanz des Gewichts getrocknet. Aus der Differenz der Gewichte wurde die Größe der Trockensubstanz nach Prozentsen berechnet. Wie man aus der Tabelle V ersehen kann, besteht zwischen der

Tabelle IV.

Krankheit	Viskosität des Serums	Viskosität des Plasmas	Differenzen
Anämie nach Abort	1,75	1,9	0,15
Typhus	1,6	1,8	0,2
Typhus	1,7	2,0	0,3
Syphilis	1,5	1,8	0,3
Chlorose	1,65	2,0	0,35
Abort	2,1	2,5	0,4
Carcinoma ventriculi	1,6	2,0	0,4
Neurasthenie	1,75	2,2	0,45
Carcinoma uteri	1,5	2,1	0,6
Arthritis deformans	1,7	2,3	0,6
Syphilis	1,8	2,4	0,6

Tabelle V.

Nr.	Viskosität		Trockenrückstand		N-Gehalt n. Kjeldahl	
	Serum	Plasma	Serum Proz.	Plasma Proz.	Serum Proz.	Plasma Proz.
1	1,6	1,8	8,27	8,41	1,22	1,24
2	1,5	1,8	9,92	10,75	1,092	1,162
3	1,7	2,0	9,89	10,92	1,30	1,33
4	1,65	2,0	10,04	11,22	1,157	1,288
5	1,7	2,0	9,704	10,33	1,083	1,218
6	1,7	2,0	10,51	—	1,171	1,265
7	1,7	2,3	11,92	13,82	1,220	1,407
8	1,6	2,1	10,01	11,48	1,269	1,372
9	1,75	2,2	10,89	13,46	1,273	1,358
10	1,8	2,4	11,58	13,42	1,279	1,395

Viskositätsgröße des Serums und des Plasmas und der Größe der zugehörigen Trockenrückstände ein gewisser Zusammenhang. Dieser Zusammenhang tritt am deutlichsten hervor, wenn man die Differenz der Viskosität des Serums und die des Plasmas und die Differenz der entsprechenden Trockenrückstände vergleicht; dagegen findet man größere Unterschiede beim Vergleich gleicher Viskositätswerte des Serums und des Plasmas mit den dazugehörigen Werten der Trockensubstanz. Die Erklärung dieser Verhältnisse liegt offenbar in der Art der Zusammensetzung der Flüssigkeiten. Da nun Serum und Plasma kolloidale Flüssigkeiten sind, welche Salze und Eiweißkörper in Lösung enthalten, so habe ich, um den Einfluß des Eiweißes auf die Viskositätsgröße festzustellen, in den oben erwähnten Fällen auch den Stickstoffgehalt von Serum und Plasma nach Kjeldahl bestimmt. Daß der Eiweißgehalt des Blutes einen Einfluß auf die Viskosität habe, beschrieb Determann schon 1906. Er fand bei Vegetariern eine geringere Viskosität des Blutes als bei Fleischessern. Er glaubte, daß dieser Unterschied vielleicht durch die verminderte Eiweißzufuhr bedingt sei, da die von Rohkost lebenden Vegetarier nur ein geringes Maß von Eiweißstoffen zu sich nehmen, und so vielleicht eine Maßnahme gefunden zu haben, durch die Ernährung die Viskosität des Blutes beeinflussen zu können. Später fand er jedoch, daß Viskosität und Eiweißgehalt des Blutes in regelmäßiger Weise nicht beeinflußt werden können. Der Körper behält mit Hartnäckigkeit den Grad der Zähigkeit des Blutes und des

Eiweißgehaltes bei, und nur nach länger dauernder entsprechender Diät tritt eine Verminderung des Eiweißgehaltes ein; als Beweis führt er die Befunde an langjährig eiweißarm lebenden Vegetariern an. Doch gibt er zu, daß die Viskosität des Blutes von vielen anderen Dingen abhängt, und daß dem Eiweißgehalte allein keine regelmäßigen Beziehungen zur Viskositätsgröße des Blutes zugesprochen werden können. Er stimmt hierin überein mit allen anderen Autoren. Anders ist dieses beim Serum und Plasma, bei denen ja hauptsächlich nur Eiweißkörper und Salze in Betracht kommen, wie schon Adams dieses beschrieben hat. Die Stickstoffbestimmungen, die ich in 10 Fällen für Serum und Plasma angestellt habe, ergeben, wie aus der Tabelle V ersichtlich ist, eine recht gute Übereinstimmung mit den Viskositätswerten, besonders, wenn man bedenkt, daß einige Fehlerquellen in Betracht kommen. Jedenfalls ergeben sie eine bessere Übereinstimmung als die Werte des Trockenrückstandes. Es bliebe nur noch zu erwägen, ob nicht hier eine Bestimmung der Asche in den einzelnen Fällen die Differenz zwischen Eiweißbestimmung und Trockenrückstand in ihrem Einfluß auf die Viskosität erklären könnte. Dieses erscheint jedoch nach Versuchen nach Adam zweifelhaft; denn dieser Autor stellte fest, daß die Salze nicht einen gleichmäßigen Einfluß auf die Viskosität ausüben. Er stellte Untersuchungen an salzfrei gemachten Eiweißlösungen an, sodann an einer isotonischen Salzlösung von der Zusammensetzung der Blutserumsalze und schließlich an dem Gemisch beider, an dem Plasma.

Zusammengefaßt sind seine Resultate folgende: „Es steigt die Viskosität mit dem Eiweißgehalt und in der Hauptsache auch mit dem Salzgehalt. Die Salze wirken nicht gleichmäßig auf die Viskosität. Unter letzteren nehmen die Jodide und das Bromkali eine besondere Stellung ein, da sie, von seltenen Ausnahmen abgesehen, die Viskosität nicht nur nicht steigern, sondern sogar herabsetzen.“

Aus meinen Untersuchungen von Serum und Plasma von verschiedenen Patienten scheint jedenfalls hervorzugehen, daß dem Eiweißgehalt ein bedeutend größerer Einfluß auf die Viskosität zuzuschreiben ist als dem Salzgehalte.

Zusammenfassung.

1. Die Bestimmung der Viskosität des menschlichen Blutes hat hohes klinisches Interesse, weil sie für die Beurteilung der Widerstände im Kreislaufsystem eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt.

2. Um einen richtigen Einblick in den Aufbau der Gesamtviskosität des Blutes zu gewinnen, muß man auch die Viskosität des Serums und Plasmas berücksichtigen.

3. Die Konstruktion der einzelnen Apparate bedingt Fehlerquellen, die bei der Beurteilung der mit verschiedenen Apparaten gefundenen Werte zu beachten sind.

4. Neben den roten Blutkörperchen, deren Zahl und Volumen großen Einfluß hat, kommen für die Größe der Viskosität noch hochviskose Substanzen in Betracht, die erst dann voll zur Geltung kommen, wenn sie aus den Blutkörperchen ausgetreten sind.

5. Mit zunehmendem Hämoglobingehalt steigt die Viskosität; auch der vermehrte Gehalt an Kohlensäure bedingt eine Viskositätssteigerung.

6. Die Viskositätsgröße des Serums und Plasmas zeigt geringere Schwankungen als die des Gesamtblutes;

oft findet sich zwischen den einzelnen Zahlen ein gewisser Zusammenhang, oft sind auch größere Differenzen vorhanden.

7. Trockensubstanz, Eiweiß- und Salzgehalt des Serums und Plasmas geben einen Einblick in den Aufbau der Viskosität dieser Flüssigkeiten. Im Plasma und Serum scheint dem Eiweißgehalt ein größerer Einfluß auf die Viskosität zuzukommen als dem Salzgehalt.

Am Schlusse meiner Arbeit danke ich ergebenst Herrn Geheimrat Prof. Dr. W. His für die Übernahme des Referates; Herrn Dr. Bleichroeder danke ich verbindlichst für die gütige Überlassung des Materiales und für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse. Auch bin ich Herrn Dr. Möller zu tiefem Danke verpflichtet für die Anregung zu dieser Arbeit und für die erteilten Ratschläge bei der Ausführung der Versuche.

Literatur.

1. Adam: Zur Viskosität des Blutes. Zeitschrift für klin. Medizin. Band 68, Heft III und IV.
2. Bachmann: Die Viskosität des Blutes und ihre diagnostische Bedeutung. Medizinische Klinik, Nr. 36.
3. Bachmann: Die klinische Verwertung der Viskositätsbestimmungen (an Hand von vierhundert Untersuchungen). Deutsches Archiv für klinische Medizin 1908, Band 94.
4. Bence: Klinische Untersuchungen über die Viskosität des Blutes. Zeitschrift für klinische Medizin 1909, Band 58.
5. Blunschy: Beiträge zur Lehre von der Viskosität des Blutes. Inaug.-Diss. Zürich 1908.
6. R. du Bois-Reymond, T. G. Brodie, Fr. Müller: Archiv für Anatomie und Physiologie, Phys. Abt. 07.
7. Determann: Klinische Untersuchungen der Viskosität des menschlichen Blutes. Zeitschrift für klinische Medizin, Band 59, 1906.
8. Determann: Viskosität und Eiweißgehalt des Blutes bei verschiedenen Ernährungen, besonders bei Vegetariern. Medizinische Klinik 1909, Nr. 24.
9. Heß: Die Viskosität des Blutes bei Gesunden. Deutsches Archiv für klinische Medizin 1908, Band 94.
10. Jorns: Studium zur Viskosität des Blutes beim Gesunden und Kranken. Medizinische Klinik 1909, Nr. 28.

11. Münzer und Bloch: Die Bestimmung der Viskosität des Blutes mittels der Apparate von Determann und Heß nebst Beschreibung eines eigenen Viskosimeters. Medizinische Klinik 1909, Nr. 9 und 10.
 12. Münzer und Bloch: Experimentelle Beiträge zur Kritik der Viskositätsbestimmungsmethoden. Zeitschrift für experimentelle Pathologie und Therapie, Band VII, 1909.
 13. Trumpp: Viskosität, Hämoglobin- und Eiweißgehalt des kindlichen Blutes. Münchener medizinische Wochenschrift, Nr. 42, 1909.
 14. Ulmer: Die Bestimmung des Volumens der Blutkörperchen auf viskosimetrischem Wege. Inaug.-Dissertation. Zürich 1909.
-

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Bernhard Bolle, katholischer Konfession, wurde am 22. April 1883 als Sohn des Gutsinspektors F. Bolle in Niedermarsberg i. Westf. geboren. Er besuchte die Volks- und Rektoratsschule seiner Heimatstadt, dann das Gymnasium zu Brilon, wo er Ostern 1904 das Zeugnis der Reife erlangte. Seine medizinischen Studien machte er an den Universitäten Straßburg und Berlin. Am 30. Juni 1909 bestand er vor der Prüfungskommission in Berlin die ärztliche Staatsprüfung.

